



# ELEKTRONIK PRAXIS

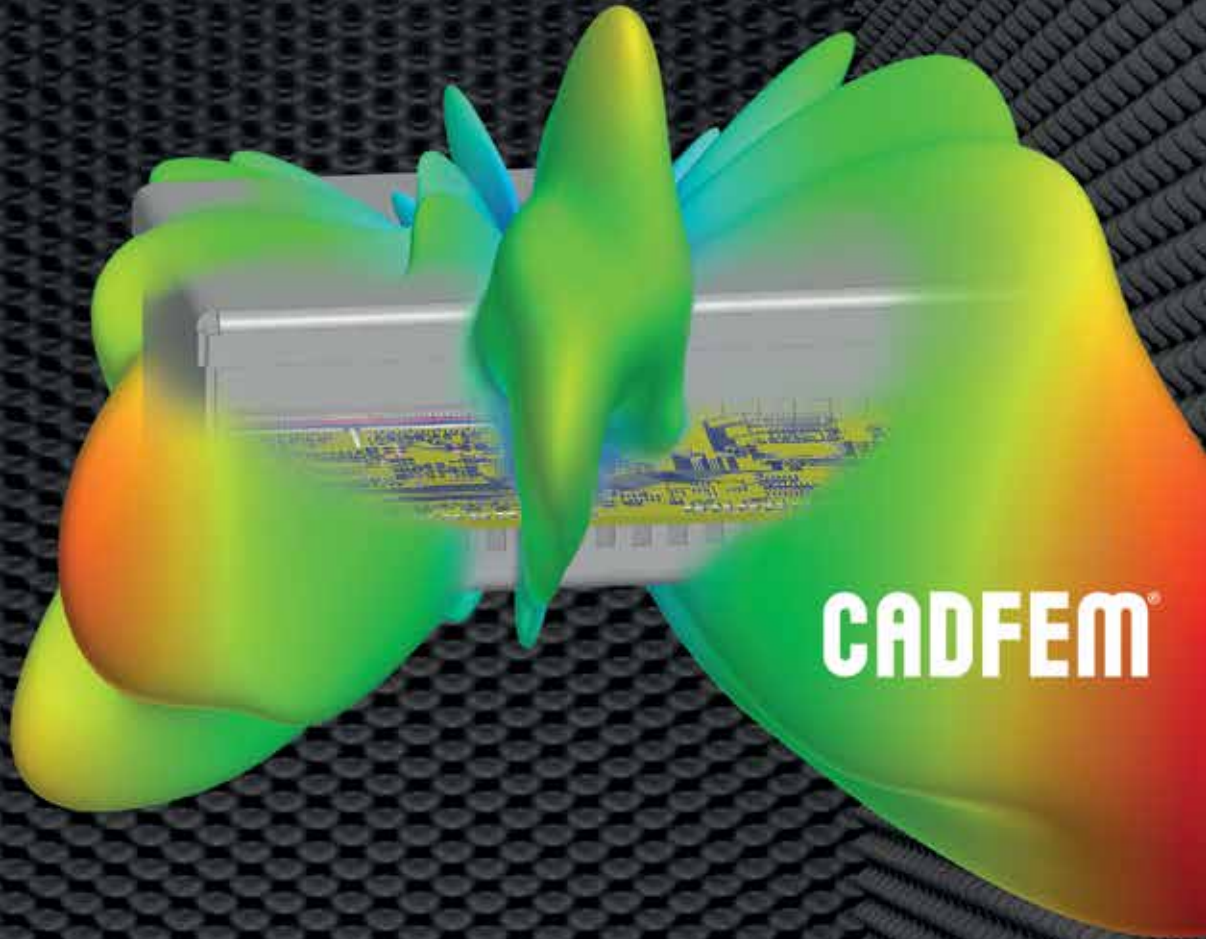
www.elektronikpraxis.de

Wissen.  
Impulse.  
Kontakte.

3

B19126

4. Februar 2016  
€ 12,00



## Verbessertes EMV-Verständnis durch Simulation

Durch ausgefeilte Simulation von elektromagnetischer Verträglichkeit ergeben sich neue Möglichkeiten in der Produktentwicklung. Teil 1 einer dreiteiligen Artikelserie.

### Meilensteine der Elektronik

„Distribution war gestern, heute ist EBV“ – die Historie des Halbleiter-Spezialisten und Distributors **Seite 26**

### Takt-ICs mit integriertem Quarz

Wie Sie mit nur einem Baustein platzsparend unterschiedliche Taktsignale bereitstellen **Seite 52**

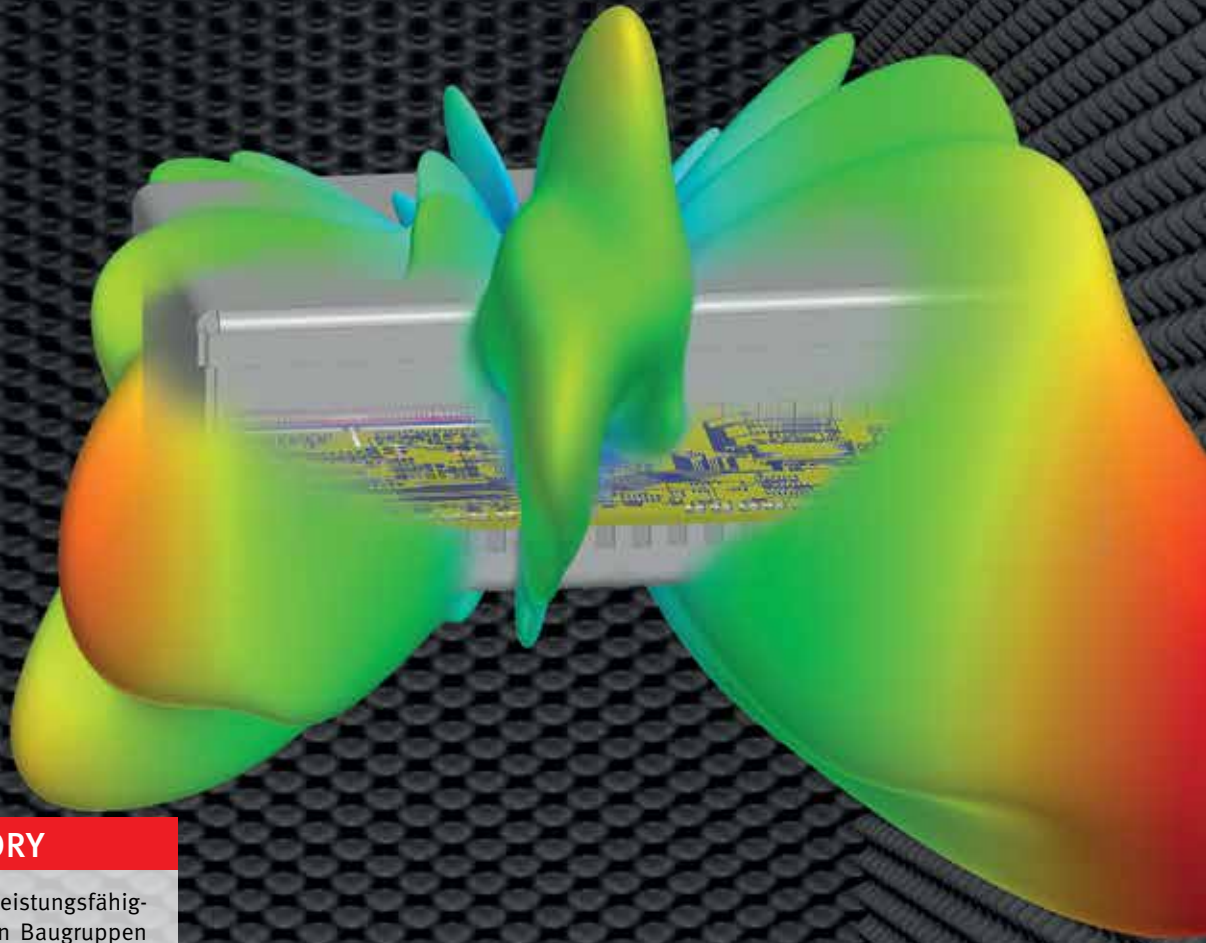
### Stromversorgungen von Land zu Land

So stellen Sie sicher, überall die jeweiligen Sicherheitsanforderungen von Batterien zu erfüllen **Seite 74**

**KOSTENLOSER  
VERSAND**  
FÜR BESTELLUNGEN ÜBER 65 €!

**DIGIKEY.DE**

**Digi-Key**  
ELECTRONICS



## TITELSTORY

Die Anzahl und die Leistungsfähigkeit von elektronischen Baugruppen nimmt stetig zu und somit auch die ingenieurtechnischen Herausforderungen. Neue Funktionalität wird integriert. Packungsdichten werden erhöht und Leistungspegel auf Datenleitungen gesenkt. Ein prominentes Thema, das immer wieder im Fokus steht, ist deshalb die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), die mit Hilfe von Simulationslösungen besser verständlich und somit beherrschbar wird. In unserer dreiteiligen Artikelserie widmet sich CADFEM dem Thema und vermittelt Grundlagen und tieferes Sachverständnis für das Feld der hochfrequenten elektromagnetischen Simulation.

# Verbessertes EMV-Verständnis durch Simulation

*Was gibt es bei der Simulation von elektromagnetischer Verträglichkeit zu beachten? Im ersten Teil unserer Serie zeigen wir, wie sich durch Simulation neue Möglichkeiten in der Produktentwicklung ergeben.*

CHRISTIAN RÖMELSBERGER \*

In der technologischen Entwicklung spielen nachhaltige Energieversorgung und Vernetzung eine zentrale Rolle. Um diese beiden Themen zu meistern nimmt die Bedeutung der Elektronik zu:

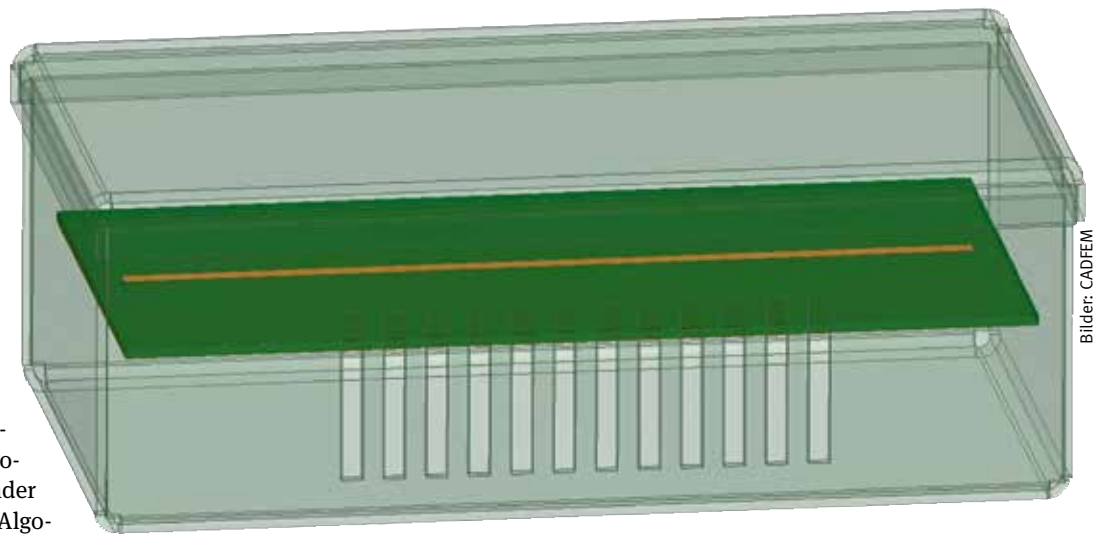
■ Moderne Leistungselektronik ist ein wichtiger Faktor für effiziente Energieumwandlung in elektrischen Maschinen und zur Energieübertragung und Speicherung.

■ Hochgeschwindigkeits-Digital-elektronik dient zur schnellen, robusten Kommunikation umfassender Daten, zur Umsetzung komplexer Algorithmen und zur Regelung.

■ In der Sensorik spielt die analoge Elektronik eine wichtige Rolle. Hohe Empfindlichkeiten und interdisziplinäre Lösungsansätze sind genauso gefragt wie die Anbindung an die Software zur Auswertung einer Vielzahl hochvernetzter Sensoren.

■ Zur drahtlosen Datenübertragung sind Frequenzen im Radiowellenbereich (Kilohertz bis Gigahertz) nötig. Hier werden Signale auf eine Trägerwelle auf- bzw. von einer Trägerwelle abmoduliert. Diese Trägerwellen werden verstärkt, gefiltert, getrennt und an die Antennen angepasst.

In diesem Zusammenhang ist EMV ein sehr breites Themengebiet unter dem die verschiedenen Elektronikentwickler aus den unterschiedlichsten Bereichen ihre speziellen Problematiken berücksichtigen müssen. Dazu zählen eine Vielzahl von Normen, die es einzuhalten gilt und die je nach Industrie die Anforderungen regeln. Diese sind kritisch für den Erfolg eines Produktes, da die Zulassung davon abhängt und die Funktio-



Bilder: CADFEM

**Bild 1:** Testaufbau für einen Schirmungstest, im Schirmgehäuse befindet sich eine Platine mit einer nicht terminierten 50  $\Omega$  Mikrostreifenleitung.

nalität des Produktes im realen Einsatz beeinträchtigt werden kann.

## Ungewollte elektromagnetische Interferenzen minimieren

Die ungewollten elektromagnetischen Interferenzen (EMI) können einerseits innerhalb eines Gerätes zwischen verschiedenen Komponenten stattfinden, z.B. zwischen dem digitalen und dem analogen Teil einer Schaltung. Dabei kann der hohe Frequenzgehalt von Schaltflanken digitaler Signale analoge Sensoren in der Nachbarschaft sehr stark stören. Andererseits können aber auch Störsignale aus der Umgebung ein Gerät beeinflussen, das nennt sich elektromagnetische Suszeptibilität (Störanfälligkeit). Oder das Gerät sendet selbst Störungen aus, die die Umgebung beeinflussen.

Kosten, die mit Entwicklungstätigkeiten rund um EMV entstehen, bilden heute einen der größten Posten in der Gesamtentwicklung eines Gerätes. Für Geräte im medizinischen und militärischen Einsatz sind die EMV-betreffenden Kosten besonders hoch. Um die festgelegten Normen zu erfüllen, sind

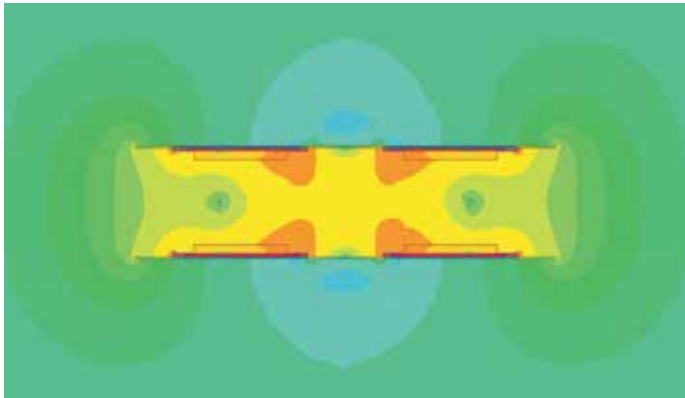
viele Entwicklungszyklen nötig, um Prototypen zu bauen und in genormten EMV-Mess-einrichtungen zu prüfen sowie zertifizieren. Aufgrund der Komplexität vieler elektronischer Geräte ist es dabei oft schwierig, möglichen Störungsursachen auf die Spur zu kommen, um auftretende Probleme zu lösen.

In dieser Artikelserie soll aufgezeigt werden, wie man mit Hilfe numerischer Simulation ein besseres Verständnis über das Systemverhalten und potentieller Störmechanismen erlangen kann, um bessere Produkte in kürzeren Zyklen zu entwickeln. Eine Stärke der Simulation liegt darin, dass sich einzelne kritische Untersysteme isolieren lassen, um sie näher untersuchen zu können. Hierbei werden Ergebnisgrößen bestimmt und dargestellt, die durch Messung kaum oder nur mit erheblichem Aufwand zu handhaben sind.

Die Ausbreitung und Einkopplung von Störungen folgt den üblichen Gesetzmäßigkeiten der Elektromagnetik, d.h. den Maxwellgleichungen. Dies ist der Ansatzpunkt der numerischen Simulation. Hier bietet ANSYS den Aufgabenstellungen angepasste



\* Christian Römelsberger  
... ist Experte im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Simulation bei CADFEM.



**Bild 2:** Induktives Magnetisches Feld. Um den Effekt einer Schirmung zu bestimmen muss untersucht werden, wie viel Magnetfeld den Schirm durchdringt und wie das Feld um den Schirm herumgreift.



**Bild 4:** Elektromagnetische Feldverteilung in und um der Umgebung des Gehäuses.

Simulationssoftware zur Feld-, Schaltungs- und Systemsimulation.

### Koppelpfade mit Hilfe von Feldsimulatoren beschreiben

Hier im ersten Teil der Serie soll gezeigt werden, wie sich Koppelpfade mit Hilfe von Feldsimulatoren beschreiben lassen, ohne auf die genaue Form der elektronischen Signale einzugehen.

Für feldgebundene Störungen werden oft Schirmungen als Gegenmaßnahme verwendet. Die Schirmungen basieren meist auf dem Wirbelstromverdrängungseffekt. Dabei werden in einem Metall (Schirmung) durch ein externes Magnetfeld Wirbelströme induziert, die wiederum ein weiteres Magnetfeld aufbauen, das dem ersten entgegenwirkt. Die charakteristische Eindringtiefe der Felder in den Leiter ist von der Frequenz, den magnetischen Materialeigenschaften und der Leitfähigkeit des Metalls abhängig. Bei einer induktiven Ladestation, die bei einer Fre-

quenz von 20 kHz arbeitet, ist die Eindringtiefe in eine Schirmplatte aus Aluminium 0,6 mm. Das Schirmblech muss also die entsprechende Dicke aufweisen, damit die gewünschte Schirmwirkung erzielt werden kann. Um jedoch den Effekt einer solchen Schirmung genau zu bestimmen, muss nicht nur untersucht werden, wie viel Magnetfeld den Schirm durchdringt, sondern auch, wie das Feld um den Schirm herumgreift (Bild 2).

Die ANSYS-Feldsimulatoren erlauben, die genaue Magnetfeldverteilung zu berechnen, die sich aus der Konstellation des Spulensystems, der Schirmbleche, Ferriten und auch angrenzender Bauteile ergeben. Anhand der Magnetfeldverteilung lassen sich nicht nur Grenzwerte der Feldstärken direkt überprüfen, sondern auch die Ausbreitungspfade der Felder besser verstehen und vergleichen:

- Welche Rolle spielt die Positionierung der Schirmung bzgl. des Spulensystems?
- Greift mehr Feld ums Blech herum oder diffundiert mehr durchs Blech hindurch?

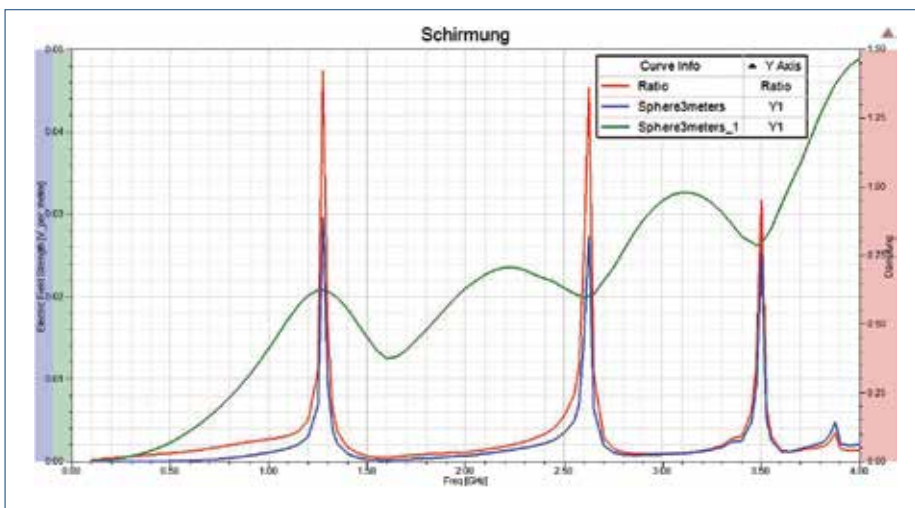
■ Wo lässt sich Material einsparen? In der Dicke oder in der Breite?

Aufgrund dieser Erkenntnisse können schnell Designvariationen vorgenommen werden, um so eine optimale Geometrie des Schirms zu finden beziehungsweise die Grenzen des Umsetzbaren auszuloten.

### Schirmgehäuse für elektronische Baugruppen analysieren

Dieses Themengebiet kann natürlich auch im hochfrequenten Bereich untersucht werden, beispielsweise bei Schirmgehäusen für elektronische Kontrolleinheiten (ECUs). Hierbei bedeutet hochfrequent, dass Welleneffekte berücksichtigt werden müssen. Wenn die Schaltflanken der digitalen Elektronik einer solchen ECU bei einer Nanosekunde Anstiegszeit liegen, bedeutet das einen Frequenzgehalt von bis zu einigen Gigahertz. Bei diesen Frequenzen sind die Wellenlängen zum Teil unter 10 cm und damit vergleichbar mit der Baugröße der ECU sowie des Schirmgehäuses. Bei den hier untersuchten Frequenzen ist die Wirbelstromeindringtiefe in Metalle im Bereich einiger Mikrometer oder sogar unter einem Mikrometer. Folglich wird das Feld über die Dicke eines metallischen Schirmgehäuses vollständig abfallen. Jedoch enthält das Gehäuse aus fertigungstechnischen Gründen bzw. für die Entwärmung der Elektronik meist kleine Ritzen oder Öffnungen, aus denen elektromagnetische Felder ausdringen können.

Die Untersuchung der Schirmwirkung des Gehäuses kann mit Hilfe eines standardisierten Strahlers erfolgen, indem das abgestrahlte Feld der Antenne mit und ohne Gehäuse verglichen wird (Bilder 1 und 3). Dieser Aufbau lässt sich sehr gut mit ANSYS HFSS nachstellen und simulieren. Hierdurch sind etwa die maximalen elektrischen Felder in einer gegebenen Entfernung vom Strahler ver-



**Bild 3:** Vergleich des abgestrahltes Feld einer Antenne mit und ohne Gehäuse.

„HFSS bietet die Möglichkeit, auch Gehäuse aus unterschiedlichen Materialien zu verwenden, um wirkungsvolle Gehäusekonzepte zu entwickeln.“

Christian Römelsberger, Cadfem

gleichbar. Da es zwischen Wellen, die an verschiedenen Öffnungen des Gehäuses austreten, zu Interferenzen kommen kann, hat die Abstrahlcharakteristik oft eine komplexe Struktur aus Haupt- und Nebenzipfeln. Dies macht es in realen Messungen schwierig, die maximalen, abgestrahlten Felder zu bestimmen. Mit einer Simulation ist es hingegen sehr leicht, die gesamte Abstrahlcharakteristik darzustellen und die Maxima in Abhängigkeit von der Frequenz zu bestimmen. Des Weiteren erlaubt die Simulation, die Feldverteilungen im und in der Umgebung des Gehäuses zu veranschaulichen, um zu sehen, wie stark die Abstrahlung aus welchen Öffnungen ausdringt (Bild 4).

Das breite Portfolio von ANSYS bietet hierbei auch die Möglichkeit, in einer strukturellen Analyse die Deformation des Gehäuses und des Deckels durch den Verschlussmechanismus oder Verschraubungen und dadurch entstehende Spalte zu berechnen. Diese Spalte können dann in der elektromagnetischen Analyse berücksichtigt werden, um eine realistische Modellierung der Schirmwirkung des Gehäuses zu erreichen. So lassen sich verschiedene Verschlussmechanismen bezüglich ihrer EMV-Dichtigkeit beurteilen.

### Gehäuse aus unterschiedlichen Materialien berücksichtigen

Oft werden aufgrund der Kosten oder aus anderen Gründen auch Gehäuse aus unterschiedlichen Materialien verwendet, beispielsweise aus beschichteten Kunststoffen. HFSS bietet die Möglichkeit, auch solche Gehäuse zu untersuchen und zu bewerten, um mit diesen Materialien wirkungsvolle Gehäusekonzepte zu entwickeln.

Bei metallischen Gehäusen können Resonanzen der Schirmung auch entgegenwirken, was bis zur Verstärkung von Störsignalen führen kann (Bilder 3 und 4). Simulation und Feldbilder erlauben es, diese Resonanzen zu verstehen und Gegenmaßnahmen zu untersuchen und zu bewerten. Dazu gehören veränderte Kontaktierungen zwischen Deckel und Gehäuse oder eine bezüglich des Gehäuses veränderte Platzierung von strahlenden Leiterbahnen.

Die Schirmwirkung eines Gehäuses gegenüber eingestrahlenen Störungen ist ebenfalls

## Webinar zum Thema

Um durch Simulation ein besseres Verständnis des EMV-Verhaltens in Elektronikbaugruppen zu vermitteln bieten die Experten von CADFEM am **23. Februar 2016, um 10 Uhr**, auf [www.elektronikpraxis.de/cadfem/](http://www.elektronikpraxis.de/cadfem/) ein zugehöriges Webinar an. Darin wird Schritt für Schritt und anhand verschiedener Modelle gezeigt, wie die systematische Analyse auf Basis moderner Simulationswerkzeuge hilft, Koppelpfade zu verstehen und Maßnahmen zu bewerten. Unter anderem wird auf Schirmungsmaßnahmen für Elektronikbaugruppen, Sicherstellung von EMV-Zuverlässigkeit, Power- und Signalintegrität bei digitalen Hochgeschwindigkeitsanwendungen und die Untersuchung der leitungsgebundenen Störungen eines DC-DC-Wandlers eingegangen.

ein wichtiges Thema. Dies lässt sich sowohl durch eine direkte Simulation mit einfallenden Wellen als auch aufgrund des Prinzips der Reziprozität durch die Schirmung gegen Abstrahlung untersuchen.

### Simulation schon in frühen Designphasen

Im ersten Teil der Serie über EMV-Simulation wurde gezeigt, wie ANSYS Simulationswerkzeuge schon in einer frühen Designphase der Elektronikentwicklung verwendet werden können, um EMV-Problemen vorzubeugen. Hierbei wurde spezielles Augenmerk auf die Schirmung von feldgebundenen Störungen gelegt. Den zweiten Teil finden Sie in Ausgabe 04 am 15. Februar. Dort wird dargestellt, wie auch realistische elektronische Signale simuliert werden können. So lässt sich das Verhalten von Systemen wie Schaltkreise, Wechselrichter oder digitale Hochgeschwindigkeitsdatenbusse besser verstehen und damit auch optimieren. // SG

**CADFEM**  
+49(0)8092 70050

# SETZEN SIE IHR DESIGN IN DIE TAT UM

- Über 650.000 Produkte auf Lager
- Unschlagbare Preise bei Volumenaufträgen
- Vertriebsteam, technischer Support und Angebotsteam ganz in Ihrer Nähe



[de.farnell.com](http://de.farnell.com)